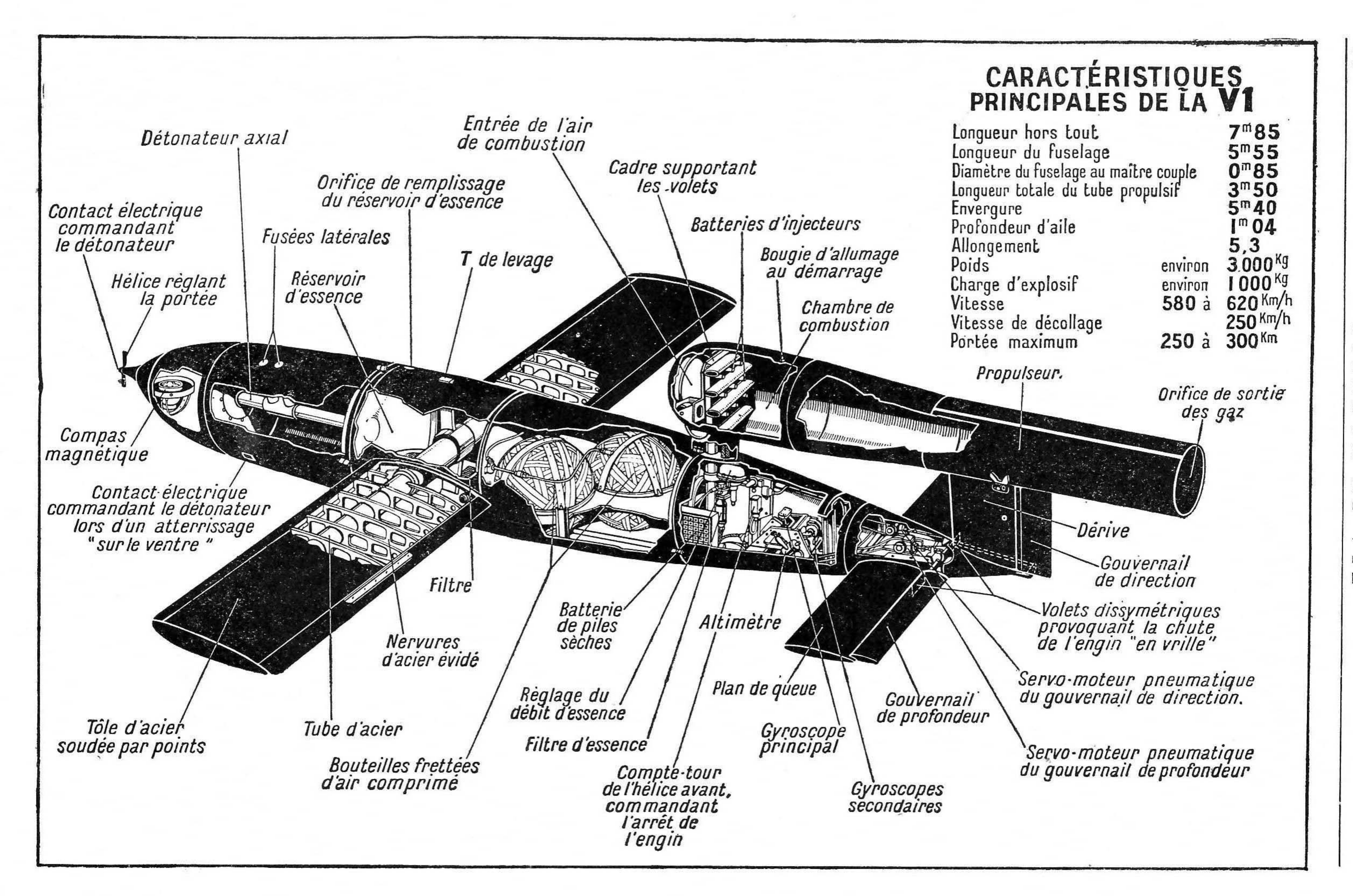
SCIENCE ET VIE

MAI 1945 N°332 15 FRANCS


CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DE LA V1
Longueur hors tout 7m85
Longueur du fuselage 5m55
Diamètre du fuselage au maître couple 0m85
Longueur totale du tube propulsif 3m50
Envergure 5m40
Profondeur d'aile 1m04
Allongement 5,3
Poids environ 3.000 Kg
Charge d'explosif environ 1 000 Kg
Vitesse 580 à 620 Km/h
Vitesse de décollage 250 Km/h
Portée maximum 250 à 300 Km
Détonateur axial
Entrée de l'air de combustion
Orifice de remplissage du réservoir d'essence
Cadre supportant les volets
Contact électrique commandant le détonateur
Fusées latérales
Batteries d'injecteurs
T de levage
Bougie d'allumage au démarrage
Hélice réglant la portée
Réservoir d'essence
Chambre de combustion
Propulseur.
Orifice de sortie des gaz
Compas magnétique
Contact électrique commandant le détonateur lors d'un atterrissage "sur le ventre"
Dérive
Gouvernail de direction
Filtre
Batterie de piles sèches
Altimètre
Volets dissymétriques provoquant la chute de l'engin "en vrille"
Nervures d'acier évidé
Réglage du débit d'essence
Plan de queue
Gouvernail de profondeur
Servo-moteur pneumatique du gouvernail de direction.
Tôle d'acier soudée par points
Tube d'acier
Filtre d'essence
Gyroscope principal
Servo-moteur pneumatique du gouvernail de profondeur
Bouteilles frettées d'air comprimé
Compte-tour de l'hélice avant, commandant l'arrêt de l'engin
Gyroscopes secondaires

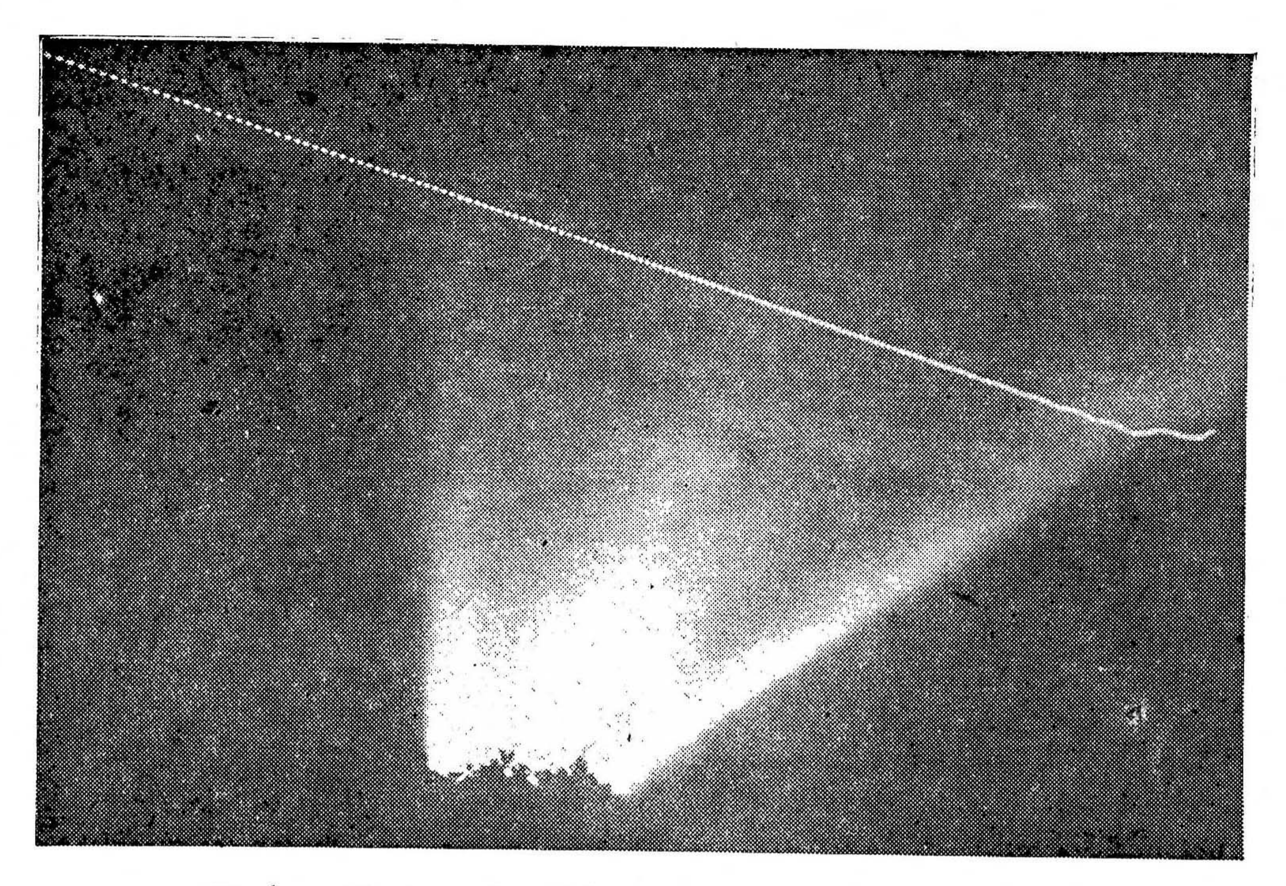


FIG. 1. — LE PASSAGE D'UNE V 1 DANS LE CIEL NOCTURNE DE LONDRES

La photographie enregistre les explosions successives du moteur à réaction de la V 1, explosions qui se succèdent à raison d'une cinquantaine par seconde. La trajectoire de l'engin apparaît ainsi sous l'aspect d'un trait pointillé. Le bruit du passage d'une V 1 a pu être comparé à celui d'une motocyclette.

LES BOMBES A RÉACTION : V 1 et V 2

par Pierre BELLEROCHE

L'année 1944 a vu un développement considérable de la propulsion par réaction, dont la grande révélation furent les bombes volantes V 1 et les bombes fusées autonomes V 2 (1). La V 1 est un véritable petit avion pesant trois tonnes et muni d'un propulseur à réaction rudimentaire et, par suite, de faible rendement. La V 2, au contraire, est une gigantesque fusée, pesant plus de treize tonnes, d'une construction infiniment plus perfectionnée. Au stade actuel de leur développement, la précision de l'un et de l'autre engin est faible, et de ce fait leur valeur militaire est encore douteuse. Mais nous ne sommes sans doute qu'au premier stade de la création d'un matériel nouveau fondé sur un principe différent de ceux des armes de guerre aujourd'hui classiques qu'une longue évolution a amenées à leur état actuel de perfection apparente; les dommages qu'ils ont causés ces derniers mois laissent supposer qu'ils pourront devenir, dans un avenir proche, des armes redoutables.

DANS la nuit du 12 au 13 juin 1944, les guetteurs de la côte du Kent aperçurent le premier engin traversant le ciel avec un bruit de moteur à deux temps de motocyclette : c'était l'apparition de la V 1, la première des 5 394 qui devaient franchir la côte d'Angleterre sur les 8 070 lancées dans la seule période du 13 juin au 31 août 1944.

Dans le même mois de juin 1944, une V 2 d'essais, lancée du centre allemand de Peene-

(1) V est l'initiale du mot allemand « *Vergeltungswaffe* », arme de représailles.

münde, sur la côte Baltique, tombait intacte en Suède, à Kalmar. Après de délicates négociations, le Gouvernement suédois consentit à ce que le Gouvernement britannique en prît secrètement livraison, ce qui fut fait en août 1944 par un avion de transport Douglas C 47 « Dakota », après un hasardeux voyage au-dessus de la Norvège occupée.

Ce n'est que le 8 septembre que la première V 2 tomba sur Londres, et le 27 octobre 1944 sur Anvers. Les dernières V 2 tombèrent le 27 mars sur Londres et le 28 mars 1945 sur Anvers.

La V I utilise comme source d'énergie la combustion du mélange air-essence. Sa trajectoire est donc limitée aux basses et moyennes altitudes,

C'est ainsi que, pour faire décoller verticalement une V 2 du poids de 13 500 kg, avec une éjection de gaz à 3 300 m/s, il faut exercer une force verticale ascendante au moins égale au poids, c'est-à-dire par la combustion de 4,1 kilogrammes-masse de mélange, soit 40,25 kilogrammes-poids.

La vitesse obtenue dépend essentiellement de l'énergie dégagée au cours de la combustion. Le tableau I donne les vitesses théoriques qui résulteraient d'une utilisation intégrale de l'énergie cinétique des gaz brûlés, et les vitesses pratiques, telles qu'on peut les obtenir dans le cas d'une très faible durée de combustion, où l'on n'a pas à s'inquiéter de la résistance

Réaction.	Vitesses théoriques en m/s.	Vitesse pratique en m/s au rendement thermique de 80 %	Vitesse pratique en m/s au rendement thermique de 60 %
Poudre B	2 400	2 150	1 860
Air + essence	2 200	1 970	1 700
Oxygène + essence	4 450	3 980	3 450
Oxygène + alcool	4 180	3 740	3 230
Oxygène + hydrogène	5 170	4 630	4 000

TABLEAU I

VITESSE D'ÉJECTION DES GAZ DANS LA PROPULSION PAR RÉACTION

La vitesse théorique d'éjection des gaz brûlés s'obtient en exprimant que leur énergie chimique se transforme en énergie cinétique au rendement 100 %. Mais, même si l'on effectue la combustion dans un récipient parfaitement calorifugé et parfaitement résistant à la chaleur, cette transformation supporte des pertes inévitables (perte par chaleur restante en fin de détente adiabatique, pertes de charge, etc.). Aussi le meilleur des rendements qu'on puisse atteindre dans le cas des durées de fonctionnement très courtes est-il de l'ordre de 80 %; la tuyère, à ce régime, est brûlée en quelques secondes; mais cela n'a pas d'autre inconvénient. Si, au contraire, on envisage une durée de fonctionnement de quelques minutes (cas de la V 2) ou de quelques dizaines de minutes (cas de la V 1), il faut organiser la machine thermique pour une résistance en régime quasi continu; il faut donc accepter des pressions plus faibles, un refroidissement, etc., toutes sujétions qui réduisent fortement le rendement thermique. Et encore doit-on faire les plus expresses réserves sur la possibilité d'atteindre un tel rendement de 60 % dans les réactions où entre l'hydrogène, à très grand pouvoir calorifique. Bien entendu, les chiffres de 80 % et 60 % ne s'appliquent qu'au « rendement thermique », c'est-à-dire au rapport de l'énergie cinétique des gaz brûlés à l'énergie calorifique mise en jeu par la réaction. Le rendement global est le produit de ce rendement thermique par un « rendement de propulsion », rapport du travail utile de propulsion à l'énergie cinétique des gaz brûlés, qui dépend du rapport de la vitesse d'éjection des gaz à la vitesse de l'engin propulsé.

où elle trouve l'air ambiant servant de comburant à une densité suffisante. Sa puissance baisse en altitude, comme celle des moteurs à explosion non suralimentés. Elle ne suffirait pas, aux grandes altitudes, à assurer sa sustentation.

La V 2 utilise, au contraire de la V 1, le mélange alcool-oxygène liquide. Emportant carburant et comburant, elle peut donc naviguer dans le vide de la stratosphère avec une puissance pratiquement constante et même légèrement croissante avec l'altitude, puisque, l'échappement se faisant à une pression de plus en plus faible, l'énergie disponible dans la tuyère augmente.

Le principe de la propulsion par réaction

Le principe du fonctionnement est le même dans les deux cas. L'éjection d'une certaine masse de gaz par seconde produit une force de propulsion égale au produit de cette masse par la vitesse d'éjection.

des tuyères à la chaleur, et dans le cas d'une durée de combustion de plusieurs minutes, où il est indispensable d'accepter une pression de fonctionnement plus faible et de prévoir un refroidissement, qui permettent aux organes en contact avec les gaz chauds de résister à la fois à la température et à la pression.

La V I

Cet engin est parfaitement connu. De nombreux exemplaires à peu près intacts ont pu être examinés par les divers services techniques de Grande-Bretagne, de France, de Belgique et même par les civils qui les ont signalés. On sait en particulier qu'une V I en excellent état a été expédiée en Amérique, où elle a servi à une copie actuellement construite en grande série par Ford et dont il est probable que les sujets du Mikado pourront apprécier bientôt la puissance.

La V I est un véritable petit avion sans pilote avec les organes habituels de sustentation et de direction.

L'aile monolongeron a pour ossature résistante un tube en acier traversant le fuselage, des nervures en acier évidé; elle est recouverte par une tôle en acier, soudée par points. La construction est extrêmement ingénieuse; le recouvrement de l'avant est soudé sur la moitié des nervures; le recouvrement arrière sur l'autre moitié; l'ensemble est mis en place et enfilé sur le longeron tubulaire. L'aile est parfaitement lisse, avec joints bout à bout, sans aucune saillie.

Le fuselage comprend, de l'avant à l'arrière :

— un contact électrique provoquant le fonctionnement du détonateur de la charge explosive,

— une petite hélice entraînée par le vent relatif et servant à régler la portée,

— un nez en alliage léger abritant le compas magnétique,

— la charge explosive avec son amorçage et deux autres fusées,

— le réservoir à combustible.

— le compartiment des bouteilles à air comprimé nécessaires pour alimenter les auxiliaires : gyroscopes, pompes à essence, etc.,

— le compartiment du pilote automatique.

L'hélice de réglage tourne à une vitesse sensiblement proportionnelle à la vitesse de la bombe; le nombre de tours qu'elle effectue permet donc un réglage assez précis de l'arrêt du moteur à la portée désirée.

Elle libère, de plus, les sécurités des fusées après 15 000 tours, lorsque l'explosion de la bombe n'est plus dangereuse pour le personnel employé au lancement.

On inscrit pratiquement sur le compte-tours logé dans le compartiment du pilote automatique le nombre de tours que doit effectuer l'hélice avant la chute de l'engin; lorsque ce nombre est atteint, l'alimentation en essence des brûleurs est coupée, le gyropilote mis hors d'action, en même temps que deux pastilles explosives libèrent des volets dissymétriques sous le plan stabilisateur de queue. La V 1 se met alors en «vrille».

Le contact électrique avant provoque, comme une fusée instantanée, l'explosion de la charge avant qu'elle ait pénétré dans le sol ou même qu'elle se soit écrasée sur le sol. L'explosion donne donc, comme celle de toutes les bombes soufflantes, un effet de souffle puissant, presque sans entonnoir. Les deux fusées portées par la charge explosive elle-même sont destinées à parer à un raté du contact avant; l'une est une fusée mécanique ordinaire, l'autre une fusée à mouvement d'horlogerie.

En outre, un contact électrique est prévu à la partie inférieure de l'appareil pour que soit actionné le détonateur central de la charge explosive en cas d'atterrissage de l'engin « sur le ventre ».

La charge ne contient pas, semble-t-il, un de ces explosifs extraordinaires dont la puissance servait de thème de propagande, mais simplement l'explosif d'emploi courant dans les bombes allemandes.

Le réservoir à combustible contient de l'essence; sa capacité, variable avec la portée, est comprise entre 450 et 750 litres.

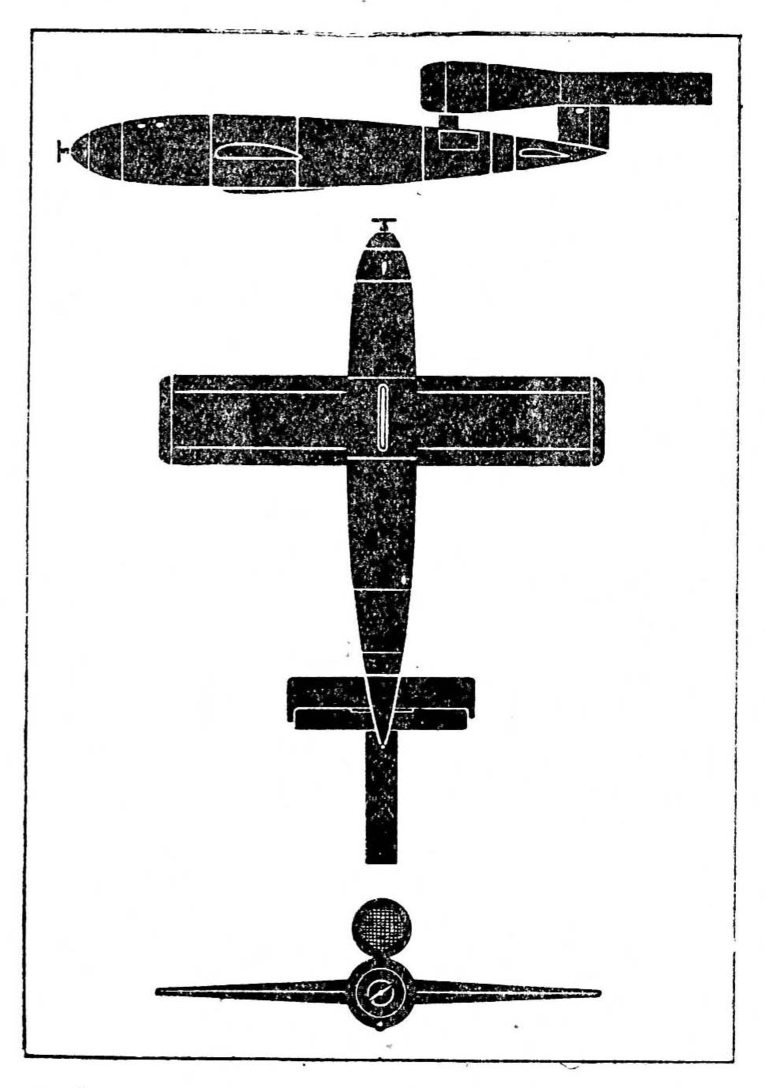


FIG. 2. — SILHOUETTES DE LA V 1 : DE PROFIL, EN PLAN (VUE PAR LA FACE INFÉRIEURE) ET DE FACE

Sur l'arrière du réservoir se trouvent les bouteilles à air comprimé, d'un type qui n'avait pas été réalisé jusqu'ici. Le corps est sphérique, et fretté par un fil d'acier dit « corde à piano ». L'avantage de cette construction est le suivant : les alliages légers des derniers types, genre « alumag » (alliage d'aluminium avec 5 à 10 % de magnésium) permettent la construction de réservoirs sous pression un peu plus légers que les réservoirs en acier spécial. La limite de rupture des plus durs de ces alliages dépasse en effet nettement les 60 kg/mm^2; d'autre part, leur densité est assez inférieure à celle des alliages genre « dural » par suite du remplacement du cuivre par le magnésium. Toutefois dans une bouteille en alliage léger, le corps cylindrique est mal adapté pour résister à l'effort d'ouverture suivant une génératrice du cylindre. C'est là qu'intervient le frettage en « corde à piano » qui permet de résister à cet effort avec un poids moindre que si l'on demandait ce supplément de résistance à une épaisseur double de métal du réservoir.

En effet, la plus grande résistance à la traction est obtenue par de l'acier au carbone, de nuance très dure, auquel le tréfilage à froid sous forme de « corde à piano » donne une résistance à la rupture de plus de 200 kg/mm^2. Aussi la bouteille cylindrique en alliage léger

avec frettage en corde à piano est-elle couramment employée, dans l'aviation notamment, pour les réservoirs sous pression.

Le réservoir sphérique présente un avantage théorique incontestable sur le réservoir cylindrique, la sphère étant la forme qui demande le poids de métal minimum pour loger un volume d'air donné. Le perfectionnement à lui apporter est un frettage dans tous les sens suivant les grands cercles au moyen de « corde à piano ».

Dans le cas de la V 1, on a d'ailleurs préféré aux alliages légers une construction en deux hémisphères de tôle mince d'acier doux soudable. Chaque réservoir a un diamètre de 56 cm, son poids, vide, est de 50,5 kg; plein, de 64,5 kg. La pression de service est de 150 kg/cm^2; la plaque d'épreuve des réservoirs récupérés indique l'essai à une pression supérieure de moitié, soit 225 kg/cm^2, comme il est réglementaire pour les récipients à gaz comprimé. A l'expérimentation, en Grande-Bretagne, un réservoir récupéré a pu supporter un essai hydraulique à 250 kg/cm^2.

Sur l'arrière des réservoirs à air, dans le compartiment extrême arrière, se trouve un gyropilote du type classique; il comporte une double liaison, pneumatique et électrique, avec le compas magnétique. Trois gyroscopes participent à la direction : le gyroscope principal, qui est bloqué au départ dans le sens « montée », entre en service à une altitude prédéterminée grâce à une capsule barométrique; deux autres gyroscopes servent à l'amortissement des oscillations que provoquerait le premier.

La commande du cap est obtenue, à partir du compas magnétique, par deux électroaimants qui créent sur la cage intermédiaire du gyroscope un couple qui le fait précessionner dans le sens voulu pour corriger la déviation de cap qu'a décelé le compas magnétique. Le gyroscope agit alors sur les commandes pneumatiques qui actionnent elles-mêmes le gouvernail de direction.

Le maintien de l'altitude choisie pour la navigation, qui est d'habitude de 600 m, mais qui peut varier entre 0 et 3 000 m, est assuré par un altimètre; il agit sur les gouvernes de profondeur par l'intermédiaire du gyroscope principal suivant un principe analogue à celui du compas magnétique pour le maintien du cap. Un index sur un cadran extérieur permet de marquer l'altitude choisie.

Le moteur à réaction de la V 1

C'est une sorte de grand cylindre horizontal, sans piston ni bielle, de 60 cm de diamètre et mesurant 3 m 30 de longueur, couché dans l'axe de la marche, ouvert à l'arrière, et fermé à l'avant par des volets de persienne mobiles.

Ces volets de persienne frontaux s'ouvrent sous l'action du vent relatif et jouent le rôle de soupape d'admission pour l'air frais et le balayage du cylindre. L'essence est injectée en permanence. Elle s'allume au contact des parois du propulseur portées au rouge par les explosions précédentes. Lors de l'explosion, les volets se ferment sous l'effet de la pression des gaz. Ceux-ci s'évacuent vers l'arrière. Lorsque la pression est tombée dans le cylindre, les volets s'ouvrent à nouveau sous l'action du vent relatif et laissent pénétrer l'air frais de balayage. Une nouvelle explosion s'ensuit, et ainsi de suite à raison de 45 impulsions environ par seconde.

Les volets de persienne fonctionnent donc alternativement 45 fois par seconde comme surface de poussée et comme soupape de balayage et d'admission. En fait, les choses ne se passent pas aussi simplement, et le phénomène explosif évolue le long du cylindre qui mesure plus de 3 mètres de longueur.

Les volets de persienne comportent 126 lames doubles. Derrière les volets, il y a 9 injecteurs d'essence en trois étages, et le cylindre est dessiné intérieurement en deux venturis : un divergent qui transforme en pression la vitesse de l'air à l'entrée et un convergent qui transforme en vitesse la pression des gaz dans la chambre de combustion.

Trois buses à air comprimé, connectées à un réservoir extérieur sur l'emplacement de lancement, sont placées immédiatement au-dessus de la rangée supérieure des injecteurs. Elles sont utilisées pour faire partir le moteur avant le lancement. Une bougie spéciale commande alors l'allumage au départ.

Il n'y a ni turbine, ni compresseur, et la seule compression qui s'effectue est celle due au vent relatif, à par exemple 550 km/heure, c'est-à-dire que cette compression ne peut dépasser une atmosphère et quelques dixièmes.

Quand la masse des gaz de combustion progresse vers l'arrière du cylindre, une dépression tend à se créer graduellement derrière les volets. Quand cette dépression a atteint une certaine valeur, les volets sont obligés de s'ouvrir, aidés par la poussée de l'air extérieur, et un nouveau contingent d'air pénètre dans la chambre à combustion. Cette masse brûle immédiatement, produisant une haute pression qui ferme les volets. La masse des gaz brûlés s'engouffre vers l'arrière du cylindre, amenant une nou-



FIG. 3. — L'AUTOPSIE D'UNE V 1 ABATTUE PAR LES OBUS-FUSÉES DE LA D. C. A. BRITANNIQUE

velle masse d'air frais derrière elle, et ainsi de suite.

L'analogie avec un cylindre de moteur à deux temps est évidente.

La résonance du tube commande la cadence des explosions

Toutefois, la combustion dans la partie arrière du cylindre est pratiquement continue et les injecteurs de pétrole débitent en permanence. La fréquence des explosions est déterminée par celle de « résonance » du tube, et le temps d'un cycle sera égal à deux fois la longueur du tube, divisées par la vitesse du son à la température des gaz chauds. En divisant le double de la longueur (6,60 m) par 1 100 m/s, on obtient un chiffre de 0,02 seconde (50 explosions par seconde), ce qui correspond au temps du cycle.

La très faible compression initiale du gaz, qui n'est due qu'à la transformation de la vitesse en pression dans l'ajustage divergent d'entrée, permet d'utiliser une essence à faible nombre d'octane. Mais elle explique en partie le très faible rendement thermique de ce moteur. Il développe une poussée d'environ 280 kg à une vitesse de 550 km/h. Dans ces conditions, il donne une puissance de 575 ch, équivalant à environ 725 ch d'un moteur à pistons ordinaire travaillant sur hélice. Sa consommation en essence est d'environ 27 litres à la minute. On peut avoir une idée exacte du faible rendement global de ce moteur, monocylindrique à impulsion par réaction, lorsqu'on considère que sa consommation d'essence au kilomètre équivaut à peu près à celle d'un bombardier Avro « Lancaster » avec tout son chargement (25 t) et dont les moteurs développent quelque 6 000 ch au lieu de 575. Mais une grande partie de ce faible résultat tient au mauvais rendement propulsif de la réaction à des vitesses aussi faibles que 500 ou 600 km/heure.

Les rampes de lancement

Le lancement se fait sur une piste inclinée à 10° environ et demande une cinquantaine de mètres de longueur. L'accélération du catapultage est d'environ 10 g. La rampe est formée de blocs métalliques juxtaposés creusés d'un tube qui en fait une sorte de canon pneumatique. Le piston, à double tête, a environ 25 cm de diamètre; il entraîne la bombe par un ergot passant à travers la génératrice supérieure du tube, ouverte, qui laisserait donc fuir l'air d'une manière continue si une longue baguette métallique de même longueur que le tube et passant dans des trous ménagés à cet effet dans le piston ne venait, derrière ce piston, s'appliquer sur la fente et l'obturer, assez imparfaitement d'ailleurs.

Les gaz sous pression qui poussent le piston sont un mélange de vapeur d'eau et d'oxygène débités par un générateur fixe à permanganate et eau oxygénée, du genre de celui qui est décrit plus loin à propos de la V 2.

Une rampe peut débiter un projectile toutes les cinquante minutes.

Un certain nombre de bombes V 1, une sur 20 ou 25, sont munies d'un radioémetteur qui sert au réglage, soit en indiquant simplement la durée exacte du trajet, soit, par radiogoniométrie, en donnant la position de la bombe

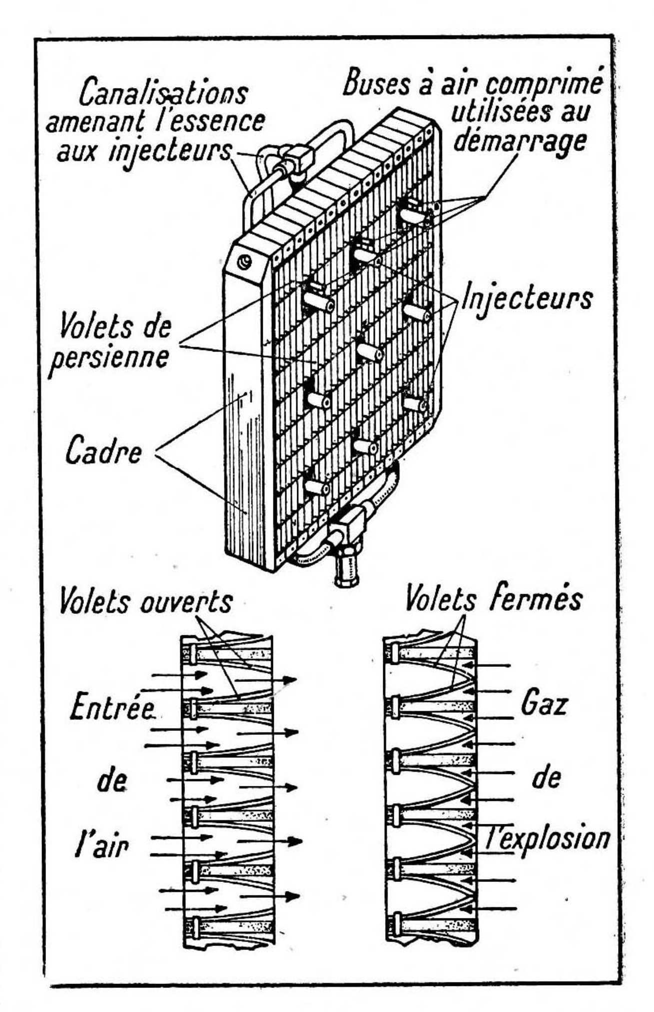


FIG. 4. — CROQUIS SCHÉMATIQUE DES INJECTEURS D'ESSENCE DU MOTEUR A RÉACTION DE LA V 1 ET DU FONCTIONNEMENT DES VOLETS DE PERSIENNE

à chaque instant. On peut alors faire les corrections nécessaires sur les bombes suivantes.

La défense contre les V 1

Le Haut Commandement allié avait eu connaissance, dès 1943, des préparatifs allemands. Des informations de source neutre, des photographies d'un engin inédit tombé en territoire danois, et surtout les photographies aériennes de la station d'essai allemande de Peenemünde, sur la mer Baltique, centre d'études des projectiles-fusées, avaient révélé les travaux de mise au point d'une nouvelle « arme secrète », sur la nature de laquelle on était à peu près fixé. La mise en chantier de rampes de lancement en béton armé sur les côtes de la Manche, près de Dieppe, Calais, Boulogne, en direction de Londres, près de Cherbourg en direction de Bristol, Portsmouth et Southampton (ces dernières n'étaient pas terminées lorsque les alliés s'emparèrent du Cotentin) confirma l'imminence du péril. Dans la nuit du 17 au 18 août 1943 les bombardiers lourds déversèrent 2 000 tonnes de bombes sur Peenemünde. Cette expédition préventive coûta la perte de 41 appareils. Par la suite, les usines de montage de V 1 de la banlieue de Vienne, les centres de stockage des engins terminés et les chantiers de la côte française subirent des attaques aériennes répétées qui eurent certainement pour effet de retar-

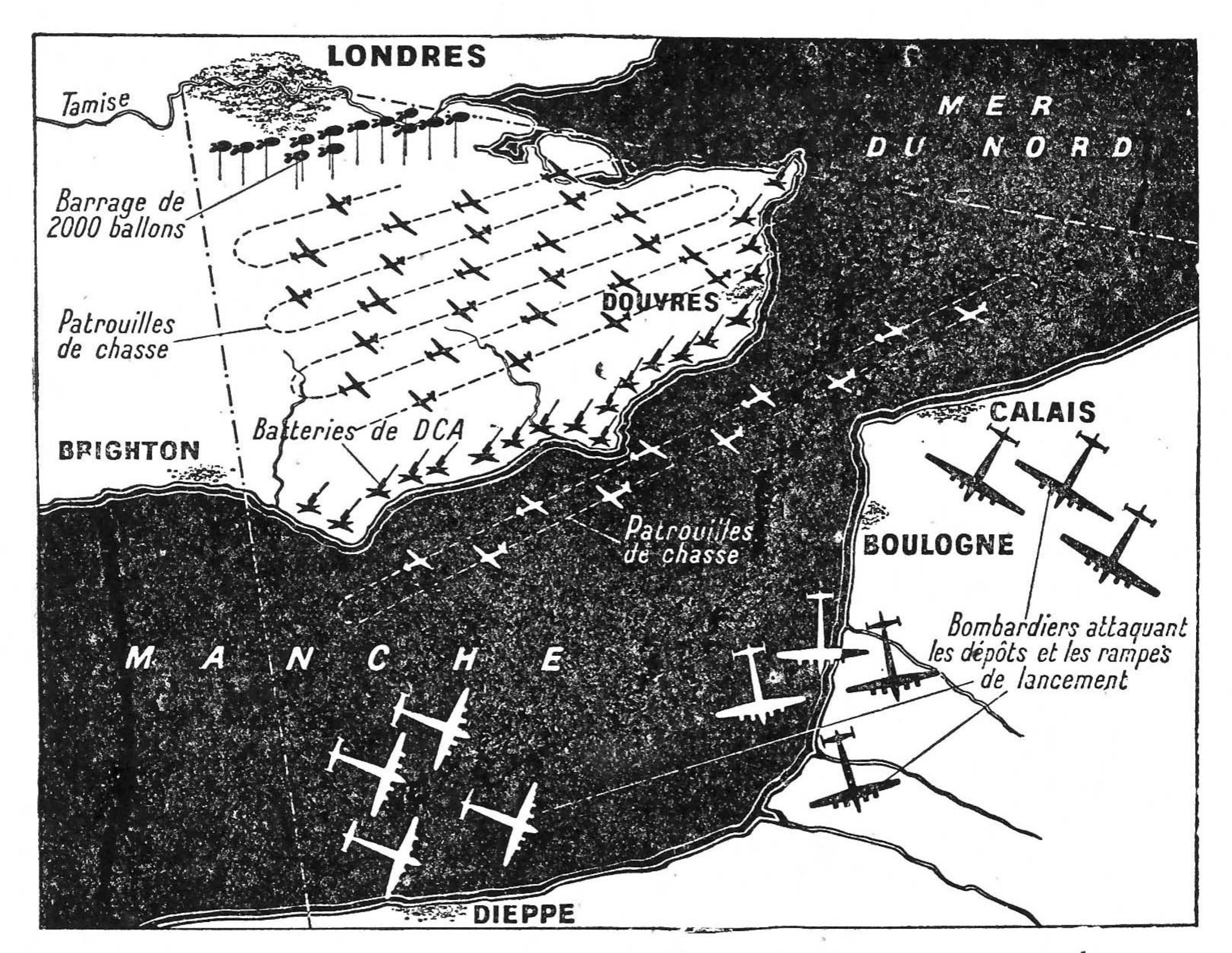


FIG. 5. — SCHÉMA DE L'ORGANISATION DE LA DÉFENSE DE LONDRES CONTRE LES V 1

Les rampes de lancement des V 1 se trouvaient réparties le long des côtes françaises entre Dieppe et Dunkerque; c'est pourquoi la défense britannique se concentra dans le vaste triangle ayant la ligne Dieppe-Dunkerque pour base et Londres pour sommet. Jour et nuit, d'importantes formations de bombardiers légers et lourds attaquaient les emplacements repérés des rampes de lancement des avions-fusées, ainsi que les dépôts et les voies de communication. Au-dessus de la Manche croisaient incessamment des patrouilles de chasseurs de jour (North American P-51 « Mustang » et Hawker « Tempest » et « Typhoon ») et de nuit (De Havilland « Mosquito »). Puis venait, le long de la côte britannique, une formidable concentration de batteries de D.C.A. légère et lourde, comprenant de nombreuses pièces pour le lancement d'obus-fusées. Au-dessus du territoire au sud de Londres, les chasseurs effectuaient leur ronde continuelle, aidés la nuit par de multiples projecteurs. Enfin, immédiatement aux abords de l'agglomération londonienne, était tendu un vaste rideau de plus de 2 000 ballons.

·er de plusieurs mois la mise en action de la bombe volante.

Les méthodes de défense de l'agglomération londonienne contre le nouvel engin avaient été prévues dans leurs grandes lignes dès avant le 12 juin 1944, mais les lignes de ballons n'étaient pas en place. La défense entra en jeu en 48 heures. L'orientation des rampes de lancement fixes permettant dans une certaine mesure de prévoir les trajets des bombes volantes, on massa sur leur passage les barrages de ballons, la D. C. A. et les patrouilles de chasseurs de jour et de nuit. D'autre part, les escadres de bombardiers lourds, Boeing B-17 « Forteresse volante », Consolidated « Liberator », Avro « Lancaster », Handley-Page « Halifax », attaquèrent sans relâche les sites où se trouvaient les rampes de lancement. 450 appareils y furent perdus, mais une centaine de rampes furent détruites. Les barrages de ballons, normalement limités à 500 m, furent étendus jusqu'à 2 000 m. Plus de 2 000 ballons y furent rassemblés. La D. C. A. disposée en bordure de la côte, groupa des milliers de pièces de tous calibres. En une seule journée, 800 canons lourds et 2 000 canons légers tirèrent jusqu'à 69 000 projectiles. Seuls les chasseurs dont la vitesse en vol horizontal était suffisante pour rattraper les V 1 (North American P 51 « Mustang », Hawker « Typhoon » et Hawker « Tempest »), purent être utilisés et encore ils durent mettre au point de nouvelles méthodes d'attaque. De beaucoup la plus courante, était l'attaque par les armes de bord après un piqué de quelques 1 000 m, destiné à acquérir un excédent de vitesse. Une nouvelle tactique fut inaugurée : le pilote s'efforçait de voler parallèlement à la V 1, de manière à engager l'extrémité de l'aile de son appareil sous celle de la bombe; en la relevant brusquement, il faisait ainsi basculer la V 1, ce qui déséquilibrait le gyropilote, et la bombe-fusée s'écrasait au sol. Le capitaine français Jean Maridor abattit ainsi onze bombes volantes; à la dernière, la V 1 explosa et il fut tué.

Un certain nombre de V 1 furent abattues par les nouveaux chasseurs bimoteurs propulsés par réaction, Gloster « Meteor ». Leur première victoire fut acquise le 4 août.

Le bombardement par V 1 se poursuivit du

12 juin au 31 août. A partir de cette date, les lancers systématiques par rampes cessèrent, et les quelques V 1 signalées par la suite furent lâchées au-dessus de la Mer du Nord par des bimoteurs Heinkel III qui emportaient la V 1 sur le dos du fuselage. La cadence moyenne des lancements sur Londres tomba alors de 100 par jour à 50 et même 40 par jour à la fin de 1944.

Le nombre des objectifs militaires touchés fut infime, mais les dommages aux habitations privées furent considérables. Au cours de ces 80 premiers jours, 24 491 maisons furent détruites, 52 293 rendues inhabitables, 950 395 endommagées. Le nombre des victimes s'éleva à 5 864 morts, 17 197 blessés graves, 23 174 blessés légers pour un total de 8 070 bombes lancées, dont 2 400 environ atteignirent Londres et ses environs.

On estime qu'en moyenne 25 % des V 1 tombèrent à l'eau dans la Manche ou s'égarèrent, 46 % furent abattues par les défenseurs (24 % par les chasseurs, 17 % par la D.C.A., 5 % par les ballons de barrage) et 29 % atteignirent l'agglomération londonienne. Aucune estimation n'a été faite du nombre des bombes volantes détruites par bombardement des sites de lancement, mais il est certainement considérable.

Pour Anvers, les bombardements par V 1 commencèrent en octobre 1944 et durèrent jusqu'à la fin de mars à une cadence variant de 65 par jour en décembre 1944 à 45 par jour en mars 1945.

Sur Anvers, furent lancées 4 883 V 1 entre le 28 octobre 1944 et le 30 mars 1945 (154 jours), soit une trentaine par jour en moyenne, dont 211, soit 4 % seulement, tombèrent sur le port.

Sur ce chiffre, 2 183 furent abattues par la D.C.A. Le recul n'était pas suffisant pour l'emploi de la chasse, et toute la défense fut concentrée dans la D.C.A., une D.C.A. formidable qui mettait en action 22 000 canonniers.

La proportion de V 1 abattues autour d'Anvers a donc atteint 45 %.

De même, sur Londres, le taux des V 1 abattues fut de 46 % (chasse et D.C.A.).

Bien que le rendement de l'arme ne fût, en définitive, sur Londres comme sur Anvers, que de 55 %, les bombes volantes ont eu des effets plus graves que les bombardements d'avions de 1940-1941, en raison de la régularité et de la continuité de l'arrosage.

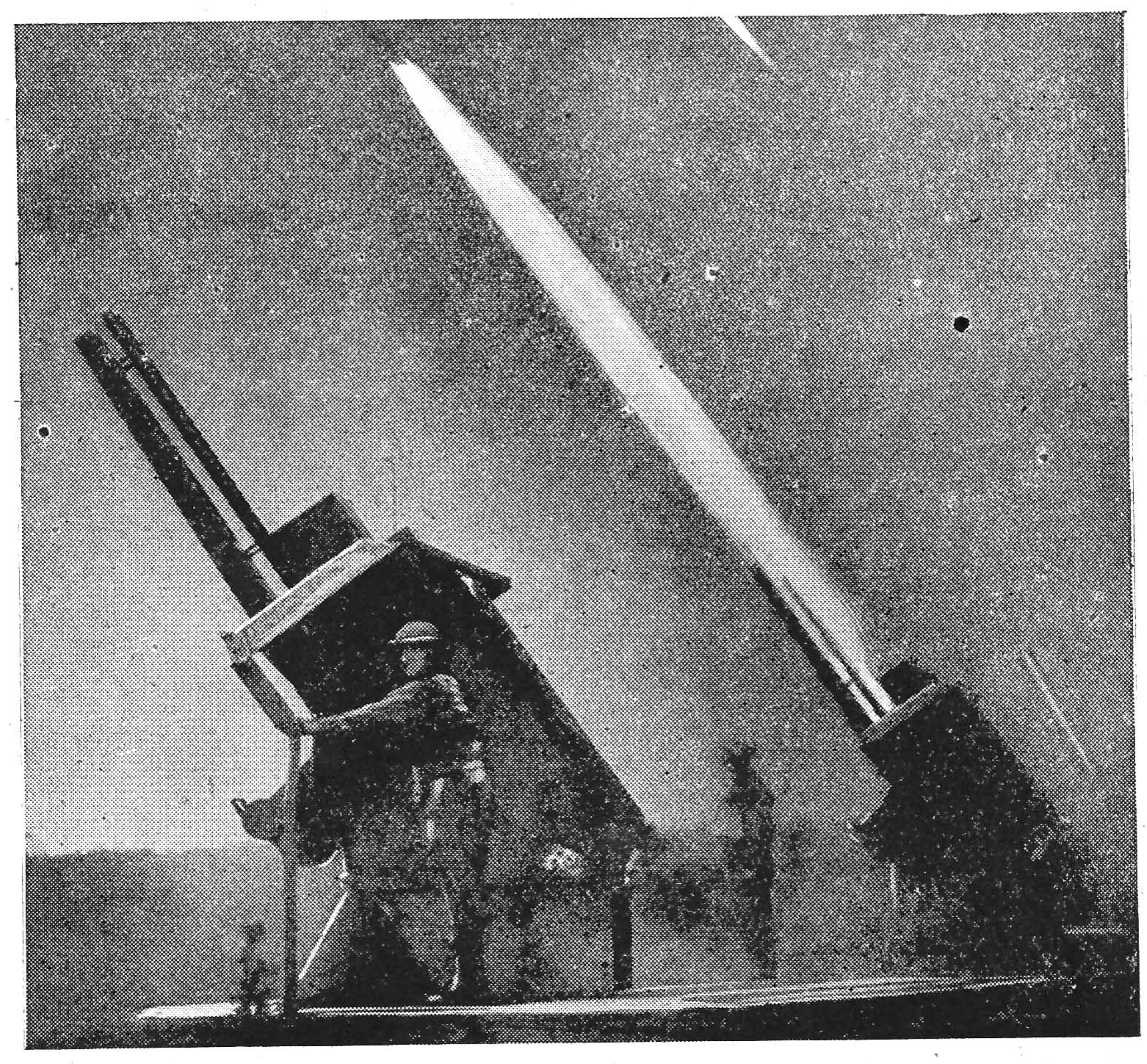
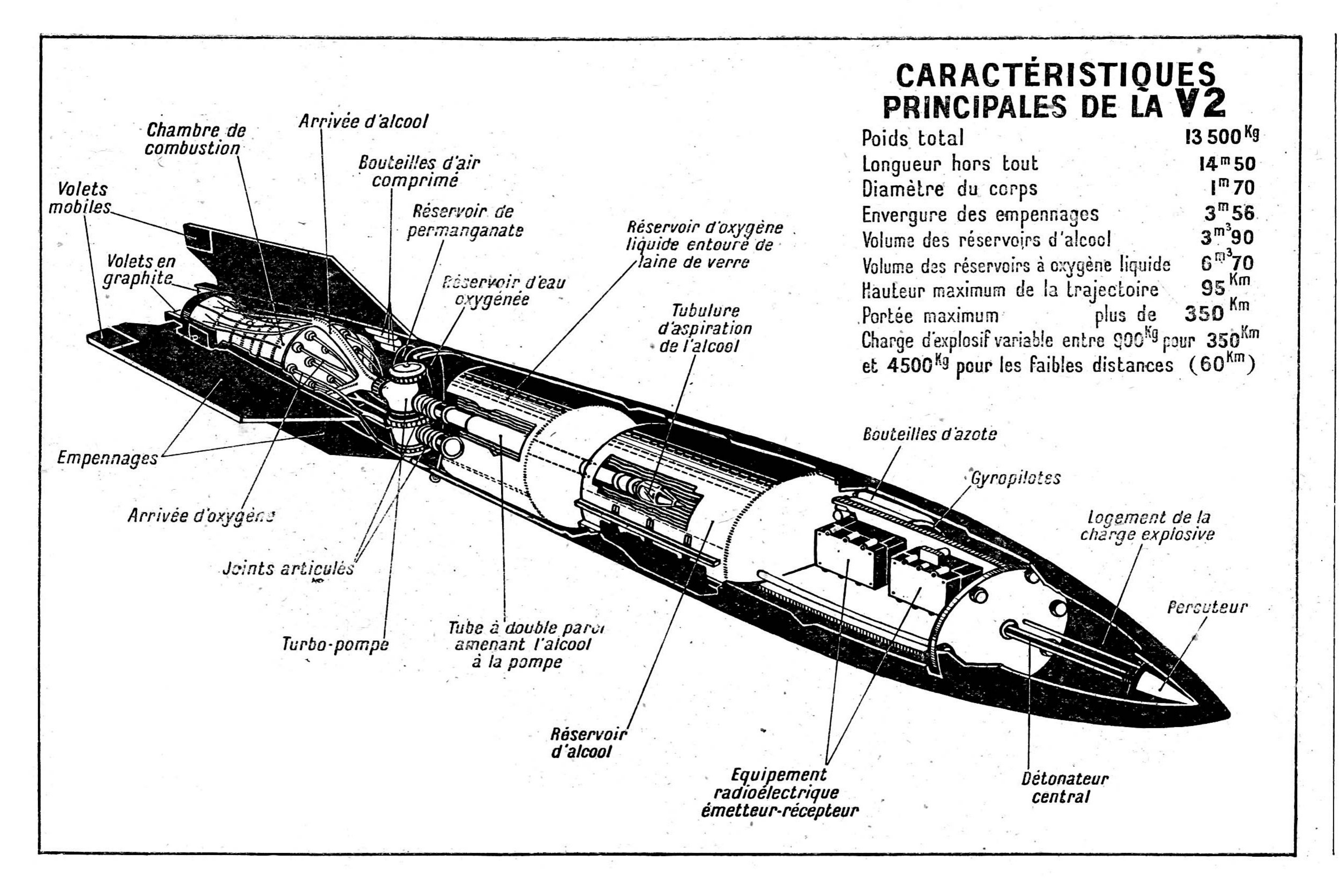


FIG. 6. — UNE BATTERIE DE LA D. C. A. BRITANNIQUE TIRE A OBUS-FUSÉES CONTRE LES V 1 DANS LA BANLIEUE DE LONDRES



CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DE LA V2
Poids total 13 500 Kg
Longueur hors tout 14 m 50
Diamètre du corps 1 m 70
Envergure des empennages 3 m 56
Volume des réservoirs d'alcool 3 m³ 90
Volume des réservoirs à oxygène liquide 6 m³ 70
Hauteur maximum de la trajectoire 95 Km
Portée maximum plus de 350 Km
Charge d'explosif variable entre 900 Kg pour 350 Km et 4500 Kg pour les faibles distances (60 Km)
Chambre de combustion
Arrivée d'alcool
Bouteilles d'air comprimé
Volets mobiles
Réservoir de permanganate
Réservoir d'oxygène liquide entouré de laine de verre
Volets en graphite
Réservoir d'eau oxygénée
Tubulure d'aspiration de l'alcool
Empennages
Arrivée d'oxygène
Joints articulés
Turbo-pompe
Tube à double paroi amenant l'alcool à la pompe
Réservoir d'alcool
Bouteilles d'azote
Gyropilotes
Logement de la charge explosive
Percuteur
Equipement radioélectrique émetteur-récepteur
Détonateur central

Si la libération des côtes de France et de Belgique n'avait pas coïncidé avec l'entrée en service de cette arme nouvelle et rapidement éliminé les sites de lancement, les V 1 auraient pu retarder de plusieurs mois la victoire alliée.

La V 2

La V 2 est un véritable projectile autopropulsé, sans voilure. Elle est de construction beaucoup plus coûteuse que la V 1.

La V 2 comporte, de l'avant à l'arrière :

— la charge d'explosif,

— le compartiment des appareils radioélectriques et du gyropilote,

— le réservoir d'alcool,

— le réservoir d'oxygène liquide,

— le compartiment des auxiliaires,

— la chambre de combustion et la tuyère d'éjection,

— l'empennage et les gouvernes.

Le corps contenant l'explosif est en acier moyennement épais, 5 mm environ, et peut donc donner à volonté, en raison de sa résistance, l'explosion instantanée avec effet du souffle pur, et l'explosion retardée après pénétration dans l'obstacle. Ce deuxième mode de fonctionnement permet d'atteindre le personnel abrité, mais les dégâts sont en moyenne beaucoup moins importants que dans l'explosion avec fusée instantanée. Aussi, malgré leur forte charge, M. Churchill avait signalé dans sa déclaration à l'entrée en service des V 2, qu'elles avaient un effet destructeur nettement inférieur à celui des V 1.

Le compartiment des appareils radio-électriques est en dural de 2 mm.

Le compartiment des réservoirs est de beaucoup le plus long, puisqu'il doit loger environ 5 tonnes d'oxygène et 3 tonnes d'alcool.

Le compartiment des auxiliaires contient les pompes nécessaires à l'injection d'alcool et d'oxygène dans la chambre de combustion, et la turbine à vapeur qui les entraîne. La réalisation, particulièrement originale, est tout à fait remarquable.

Deux modes de construction peuvent être envisagés pour un projectile-fusée utilisant un combustible et un carburant liquide. Ou bien les réservoirs sont capables de supporter la pression de la chambre de combustion, et sont mis en pression, soit par de l'air comprimé, soit, dans le cas de l'oxygène liquide, par l'oxygène gazeux qui en provient; on peut alors se passer de tout auxiliaire. Ou bien les réservoirs sont de construction légère, et il est indispensable d'injecter sous pression combustible et carburant, à l'aide de pompes. C'est cette deuxième solution qui a été admise sur la V 2; le poids des réservoirs résistants pour près de 8 tonnes de comburant et de carburant eût été prohibitif.

FIG. 7. — SCHÉMA DU PROPULSEUR DE LA V 2

La chambre de combustion est confondue avec la partie convergente de la tuyère. L'ensemble est refroidi par la circulation de l'alcool qui arrive à l'extrémité de la tuyère divergente et qui est injecté autour des buses d'oxygène perpendiculairement à la direction de leur jet. Les injecteurs doubles d'alcool et d'oxygène sont situés dans 16 bossages dont chacun porte 25 gicleurs d'arrivée d'alcool. En outre, un certain nombre de petits trous sont ménagés dans la paroi intérieure du propulseur. L'alcool suinte à travers eux, formant une gaine isolante protégeant la paroi.

La turbine à eau oxygénée-permanganate

Comment conduire ces pompes? La solution choisie a été la turbine à vapeur. Mais l'alimentation de cette turbine est réalisée d'une manière particulièrement originale, qui fait appel à la réaction de l'eau oxygénée sur le permanganate de calcium.

L'eau oxygénée donne, par décomposition spontanée sous diverses influences, lumière, catalyseurs, etc., de l'eau ordinaire et de l'oxygène. Le permanganate intervient dans les réactions chimiques comme un autre producteur d'oxygène.

La réaction de l'eau oxygénée et du permanganate est connue depuis très longtemps; elle a été étudiée d'une manière approfondie par Marcelin Berthelot il y a plus de trois quarts de siècle sous la forme du permanganate de potassium. C'est d'ailleurs la réaction classique de dosage de l'eau oxygénée avec une solution titrée de permanganate ou inversement du permanganate avec une solution d'eau oxygénée.

Cette réaction appartient à une classe très générale de réactions données par l'eau oxygénée, qui provient de la facilité de décomposition catalytique, surtout en solution concentrée. Le catalyseur peut être très varié; le bioxyde de manganèse qui provient du permanganate est un des plus puissants. La réaction dégageant beaucoup de chaleur, l'eau se retrouve sous forme de vapeur à haute température et pression élevée, surtout si l'on emploie une solution concentrée d'eau oxygénée.

Un certain nombre de bombes V 2 ont été saisies en Allemagne; bien qu'on n'en connaisse pas encore la disposition exacte, il semble que le rendement maximum de la réaction consisterait à utiliser l'oxygène produit pour brûler de l'alcool, et fournir un supplément de vapeur d'eau. On aurait ainsi une chaudière à triple alimentation par un jet d'eau oxygénée, un jet de permanganate, un jet d'alcool, et peut-être même, comme sur les torpilles marines, avec une injection d'eau par un quatrième jet, pour réduire la température du mélange gaz-vapeur. Mais pour la conduite d'un auxiliaire, on se sera contenté probablement d'une solution plus simple, ne cherchant pas à tirer le maximum de l'oxygène produit.

La réalisation de cette commande de pompes par turbine à eau oxygénée et permanganate est certainement un des points les plus remarquables de la V 2. Faute de connaître la pression dans la chambre de combustion, il est difficile d'évaluer la puissance exacte de la turbine; mais il s'agit certainement de plusieurs centaines de chevaux pour faire passer en un temps très court plusieurs mètres cubes de liquide de la pression ambiante à une pression de plusieurs dizaines de kilogrammes par centimètre carré.

Derrière le compartiment des auxiliaires se trouve celui des stabilisateurs, commandés pneumatiquement par le gyro-pilote à deux gyroscopes, l'un pour la direction, l'autre pour la profondeur. Les gouvernes, sous forme de volets mobiles, sont placées à l'arrière de quatre empennages en croix. Elles sont prolongées vers l'intérieur de la tuyère par quatre volets qui sont donc soumis au jet des gaz d'échappement. Ceux-ci sont en graphite pour résister à la température de plus de 1 000° C.

Le propulseur se compose d'une chambre de combustion et d'une tuyère convergente-divergente de forme classique; l'ensemble est d'ailleurs réduit à sa plus simple expression, puisque les arrivées d'alcool et d'oxygène se font par la face avant de la tuyère convergente; il n'y a en somme pas de chambre de combustion séparée. L'un des problèmes les plus importants est celui du refroidissement des parois de la tuyère. On l'obtient en faisant circuler autour de ces parois l'alcool avant de l'envoyer aux injecteurs; ce dispositif est complété par un certain nombre de trous, débouchant de la double paroi vers l'intérieur; l'alcool qui y pénètre se vaporise aussitôt et forme une gaine annulaire autour de la veine de gaz chauds, avec lesquels il se mélange et brûle, s'il y a excès d'oxygène.

Le choix du mélange alcool-oxygène, au lieu d'essence-oxygène, malgré le moindre pouvoir calorifique de l'alcool, tient à ce qu'il exige une quantité d'oxygène très nettement inférieure à celle que réclame la combustion de l'essence. C'est pourquoi, sur les torpilles marines, on a de tout temps employé l'alcool; le produit coûteux à transporter n'était en effet pas l'alcool, mais l'air comprimé. Or, l'alcool utilise mieux l'air comprimé que l'essence ne le fait. La situation est d'ailleurs différente lorsqu'on emploie l'oxygène liquide, moins coûteux à transporter, mais un certain bénéfice n'en subsiste pas moins.

Les premières V 2 comportaient un système très complexe de contrôle par radio, avec réception et émission. Sur les dernières, il a été supprimé : on n'a maintenu qu'un poste émetteur pour 25 projectiles, comme pour la V 1.

Le lancement et la commande sur la trajectoire comportent plusieurs dispositions intéressantes, qui ont été décrites dans la presse britannique, mais qui ne sont peut-être pas absolument indiscutables.

L'engin quitte le sol sous un angle voisin de la verticale (80°) et par ses propres moyens. La poussée serait évidemment à ce moment supérieure au poids, mais ne dépasserait pas 30 tonnes, ce qui correspond à une accélération d'environ 2 g. Elle monterait ainsi, sous l'angle de 80°, à une hauteur d'une trentaine de kilomètres. Elle prendrait ensuite une inclinaison de 40° jusqu'à l'altitude de 50 km et continuerait sur sa lancée, une fois le combustible coupé par radio, jusque vers 85 à 100 km où la vitesse serait encore de 1 500 m/s. La branche descendante est alors, à la résistance de l'air près, la demi-parabole du tir des projectiles ordinaires, la vitesse à l'impact ne dépassant pas 1 300 m/s en raison du freinage de l'air, aux couches inférieures de l'atmosphère.

La première V 2 tomba à Chiswick, dans la banlieue de Londres, le 8 septembre 1944, causant un profond cratère et des dégâts considérables. La dernière tomba, le 27 mars, à Orpington. Au total, 1 050 de ces engins tombèrent sur Londres, en tir court, c'est-à-dire sur la banlieue Sud, Essex et Kent, à la cadence de cinq à dix par jour. Le bilan des V 2 sur l'Angleterre se monte à 2 754 tués et 6 523 blessés.

Tandis que la V 1, qui se propage horizontalement, fait un bruit caractéristique qui peut permettre de gagner un abri, la V 2 se propulse plus vite que le son, tombe sensiblement à la verticale et explose sans avoir été entendue.

Aucune défense n'est possible contre la V 2, ni par D.C.A. ni par chasse. La seule riposte est le bombardement des sites de lancement, s'il est possible de les reconnaître, ou la destruction des voies ferrées qui en amènent les pièces détachées des usines aux sites.

En résumé : la défense contre la V 1 fut surtout une extension des procédés de D.C.A. et de chasse en usage contre les attaques d'avions, tandis qu'on ne put se prémunir contre les V 2 que par la mise en œuvre d'une puissante aviation de bombardement, c'est-à-dire en définitive par l'exercice d'une complète maîtrise de l'air, celle qui permet de rechercher à loisir les sites de lancement des V 2, de les photographier avec minutie — car ils sont très exigus et très camouflés — et de les arroser avec précision.

La résistance française joua un rôle considérable dans le repérage des sites de lancement des V 1 et des V 2. Plus d'une centaine de ces sites furent identifiés dans le nord de la France et en Normandie avant l'invasion par des équipes de résistants français, en liaison avec Londres, c'est-à-dire au péril de leur vie et des tortures de la Gestapo.

Pierre BELLEROCHE.

FIG. 8. — UNE V 2, SAISIE LORS DE L'AVANCE DES TROUPES AMÉRICAINES ET ENCORE RECOUVERTE DE SA TOILE DE CAMOUFLAGE, EST TRANSPORTÉE EN VUE DU DÉMONTAGE ET DE L'ÉTUDE DE SES ORGANES